

ANALISIS FAKTOR KEAMANAN GEOMETRI LERENG *DISPOSAL* DAN MENGETAHUI JUMLAH VOLUME *DISPOSAL* OPTIMAL

Arif Nurwaskito¹, Sri Widodo², Adi Satrio Wicaksono^{1*}

1. Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia

2. Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin

Email: arifnurwas@yahoo.co.id

SARI

Kestabilan lereng berkaitan dengan kelongsoran yang merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah, kestabilan lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jarak muka air tanah, sudut kemiringan lereng, nilai kuat geser tanah dan jenis tanah lapisan penyusunnya yang memiliki nilai *kohesi* dan sudut geser dalam yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui stabil atau tidaknya suatu lereng yang ditampilkan dalam bentuk nilai faktor keamanan untuk menentukan batas *dumping limit* dan mengetahui batas volume *disposal* yang optimal. Tahapan dari proses analisis kestabilan lereng ini dilakukan dengan menggunakan metode Fellenius, yang dalam proses analisisnya menggunakan *software Geoslope/W*. Parameter yang digunakan yaitu sudut geser dalam, *kohesi* dan berat jenis tanah. Untuk menghitung jumlah volume *disposal* digunakan metode penampang. Berdasarkan hasil analisis dari kedua *section A* dan *B* menggunakan metode Fellenius diperoleh nilai faktor keamanan yang termasuk kedalam lereng stabil yaitu lereng *section A-A'* dari jarak 10 meter sampai 50 meter diperoleh nilai $F_k = 1,298, 1,291, 1,285, 1,264, 1,241$. Lereng *section B-B'* dari jarak 10 meter sampai 50 meter diperoleh nilai $F_k = 1,294, 1,292, 1,263, 1,250, 1,248$. Luas yang diperoleh dari penampang A dan B = 897 m^2 , penampang C dan D = 3.055 m^2 , dan penampang E dan F = 4.584 m^2 dari luas penampang tersebut akan diperoleh jumlah volume *disposal* yang dapat ditampung *disposal*. Batas *dumping limit* yang direkomendasikan dari perhitungan faktor keamanan yang telah dihitung adalah maksimal $> 15 \text{ m}$ dari setiap *crest* desain lereng *disposal* dan jumlah volume *overburden* optimal yang dapat ditampung *disposal* yaitu 222.834 m^3 .

Kata Kunci: *Disposal, Lereng, Overburden, Faktor Keamanan, Section.*

ABSTRACT

Slope stability relating to the erosion which is the process of land mass transfer naturally from a high place to a lower place. The slope stability is influenced by several factors: the distance of ground water, the angle of slope, the strong value of soil shear and the type of constituent layer soil which has the value of cohesion and the angle of different friction. This research aimed to determine the slope stability which is shown in the value of safety factor for determining dumping limit boundary and to discover optimal disposal volume limit. The stages of the process of slope stability analysis were conducted by using Fellenius method, which is in the process of analysis using Geoslope/W software. The parameters used were the friction angle, cohesion, and the density of the soil. To calculate the amount of disposal volume used cross-sectional method. Based on the analysis of both section A and B using Fellenius method obtained the value of safety factors including the stable slopes; that is, the slope of section A-A from a distance of 10 meters to 50 meters obtained the F_k value = $1.298, 1.291, 1.285, 1.264, 1.241$. The slopes of section B-B from a distance of 10 meters to 50 meters obtained the F_k value = $1.294, 1.292, 1.263, 1.250, 1.248$. The spacious obtained from the cross section A to B = 897 m^2 , from the cross section C to D = $3,055 \text{ m}^2$, and from the cross section E to F = $4,584 \text{ m}^2$. Of the cross-sectional area will be obtained by the amount of disposal volume by which can be accommodated disposal. The dumping limit recommended by the calculation of the safety factor which has been calculated is a maximum of $> 15 \text{ m}$ of each crest of disposal slope design and the number of the optimal overburden volume which can be accommodated by disposal of $222,834 \text{ m}^3$.

Keywords: *Disposal, Slope, Overburden, Safety Factor, Section.*

PENDAHULUAN

Pergerakan massa adalah bergerakanya material tanah/ batuan dalam bentuk padat. Pergerakan massa ini analogikan dengan bergerakanya suatu blok pada bidang miring. Apabila gaya akibat gravitasi (beban bergerak) melebihi kuat geser penahan lereng, maka material akan bergerak. Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut.

Disposal adalah tempat pembuangan yang dirancang/ direncanakan untuk menampung material buangan *overburden* dan material lain dari tambang. *Disposal* biasanya dibuat pada lubang-lubang bekas penambangan ataupun bekas penambangan *quarry* yang kemudian apabila lubangnya sudah penuh, maka permukaan dari *disposal* ini akan ditutupi dengan lapisan tanah penutup untuk di jadikan daerah penghijauan. Tujuan dari perancangan *disposal* adalah mencegah terjadinya kecelakaan pada saat pengoperasian *disposal* berupa tabrakan antar alat berat maupun terjatuh dari ketinggian karena kegagalan kestabilan di *disposal*.

Atas dasar hal tersebut di atas, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul tersebut, dengan perencanaan desain dan analisis geometri lereng yang baik, diharapkan akan mengurangi resiko kegagalan kestabilan lereng *disposal*.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan kegiatan, yaitu orientasi lapangan, pengambilan data, pengolahan data serta analisis data.

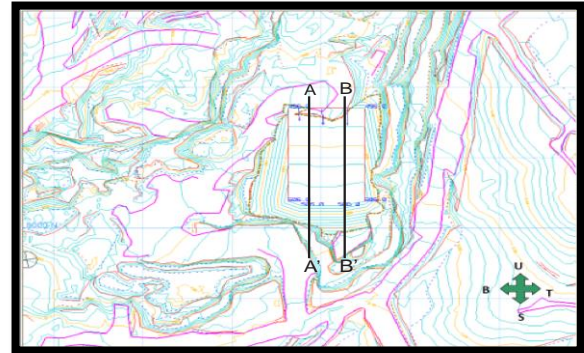
Data diolah menggunakan *software vulcan* dan *software Slope/ W 2007* untuk menganalisis kestabilan lereng di *disposal* dan mengetahui Volume optimal *overburden* yang dapat ditampung *disposal*

HASIL DAN PEMBAHASAN

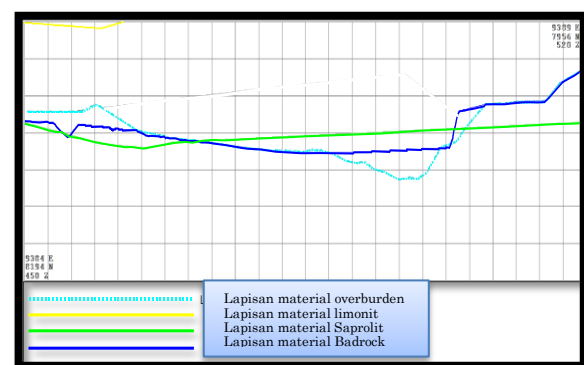
Peggambaran *Critical Cross Section*

Data *critical cross section* adalah data berupa

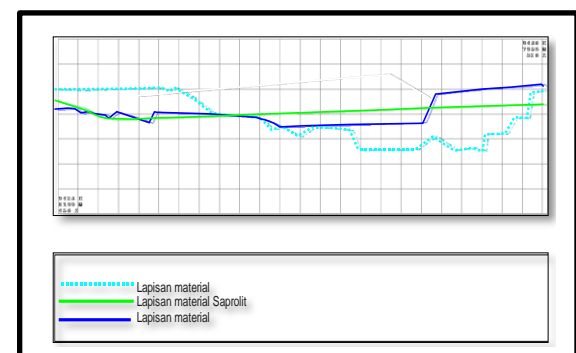
gambar penampang melintang (vertikal) topografi *disposal* yang dianggap kritis yang diperoleh dari hasil sayatan aplikasi Vulcan. *Cross section* ini memperlihatkan kenampakan perlapisan material *disposal* secara aktual.



Gambar 1. Tampilan *critical cross section* pada *disposal*



Gambar 2. Tampilan *section A – A'*



Gambar 3. Tampilan *section B – B'*

Rincian *Material Properties* untuk Analisis Stabilitas Lereng

Material *properties* adalah ciri khas atau karakteristik material yang menyusun perlapisan tanah pada *disposal*. Adapun item-item yang

termasuk dalam material *properties* ini yakni model kekuatan material (*model*), nilai berat unit material (*unit weight*), nilai *kohesi* dan besar sudut geser dalam material (*phi*).

Zona 1

Material ini dimodelkan dengan kekuatan geser *undrained* ($\phi = 0$) merupakan material *overburden*. Nilai berat unitnya 17 kN/m^3 dan *range* nilai kohesi $0 - 19 \text{ kpa}$. Konsistensi materialnya adalah *very soft to soft*.

Zona 2

Material ini dimodelkan dengan kekuatan geser *undrained* ($\phi = 0$) karena merupakan material *overburden*. Nilai berat unitnya 17 kN/m^3 dan *range* nilai kohesi $27 - 49 \text{ kpa}$.

Zona 3

Material ini dimodelkan dengan kekuatan geser *undrained* ($\phi = 0$) karena merupakan material *overburden*. Nilai berat unitnya 17 kN/m^3 dan *range* nilai kohesi $55 - 75 \text{ kpa}$.

Zona 4

Material ini dimodelkan dengan kekuatan geser *undrained* ($\phi = 0$) karena merupakan material *bedrock*. Nilai berat unitnya 20 kN/m^3 dan *range* nilai kohesi $130 - 370 \text{ kpa}$. Konsistensi materialnya adalah *very stiff to hard*.

Civil Ballast

Civil ballast adalah material sipil dan *ballast* yang digunakan untuk keperluan konstruksi sipil, dalam hal ini material pondasi, perkerasan jalan, perkuatan material di *disposal*, maupun menambah kekuatan tanah/ meningkatkan daya dukung tanah. *Civil ballast* yang digunakan yakni *slag* (terak nikel) dan *quarry* (batuan masif). Material ini dimodelkan dengan kekuatan geser *mohr-coulomb* karena digunakan sebagai perkerasan/ landasan pada jalan akses maupun perkuatan lapisan material *overburden* pada *disposal* nantinya. Berdasarkan *typical soil parameter* yang digunakan nilai berat unitnya 18 kN/m^3 dan besar sudut geser dalamnya (ϕ) adalah 30° .

Berat Dump Truck Dan Dozer

Berat *dump truck* pada saat *dumping* di hitung ban belakang dan ban depan. Berat ban belakang 220 kpa dan berat depan 110 kpa . Adapun berat dari *dozer* yaitu 120 kN/m^3 dan panjang 3 meter . Jarak dari *dozer* dan ban belakang *dump truck* yaitu $7,5 \text{ meter}$ dan jarak ban belakang dan ban depan berjarak 5 meter .

PEMBAHASAN

Pemodelan Disposal Plan

Pemodelan yang dimaksud adalah membuat geometri mengikuti alur tampilan *critical cross section* perlapisan material pada *disposal plan* yang telah diperoleh dari aplikasi Vulcan secara dua dimensi/ 2D (x,y). Dengan menggunakan aplikasi *Slope/W* 2007. Tampilan *section* ditransformasikan menjadi *region* berbentuk poligon tertutup yang mewakili setiap perlapisan tanah sesuai dengan zona lapisan material yang telah ditentukan sebelumnya.

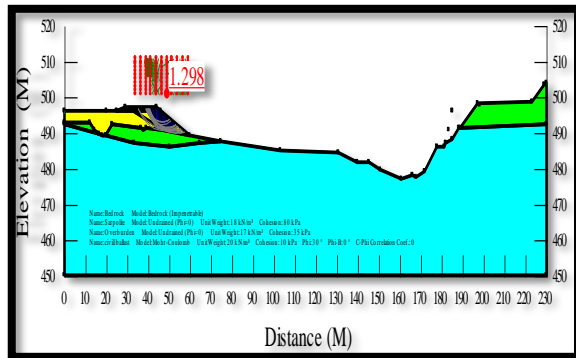
Setelah *region* terbentuk maka dilakukan *input* model kekuatan dan nilai karakteristik materialnya. Kemudian pada bagian *crest* lereng diberikan beban tambahan, yakni beban *dozer* 120 kN/m^3 dengan panjang *track* 3 meter yang diletakkan tepat di ujung *crest* lereng dan *dump truck* (*point load*) dengan rincian, beban ban belakang 220 Kpa dan ban depan 110 Kpa , jarak antara ban depan dan belakang 5 m . Jarak antara *dozer* dengan ban belakang *dump truck* adalah 5 meter (posisi *dump truck* membelakangi *dozer*).

Section A – A'

Section ini dibuat dengan tujuan memperlihatkan penampang *disposal plan* yang disayat mengikuti sisi panjangnya. Dari *section* ini, didapatkan informasi penting mengenai penampang bentuk perlapisan materialnya secara memanjang sampai pada lereng *disposal plan* bagian selatan. Dan untuk kepentingan *slope stability*, maka lereng inilah yang akan dianalisis stabilitasnya. Ketinggian *crest* desain lereng berada pada level $+ 495 \text{ mdpl}$. Rencana level elevasi yang akan di desain yaitu dari elevasi $+ 495 \text{ mdpl}$ ke elevasi 506 mdpl . Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W* 2007, nilai FK yang didapatkan terhadap stabilitas lereng *disposal*.

Section A – A' Kemajuan Timbunan Jarak 10 Meter

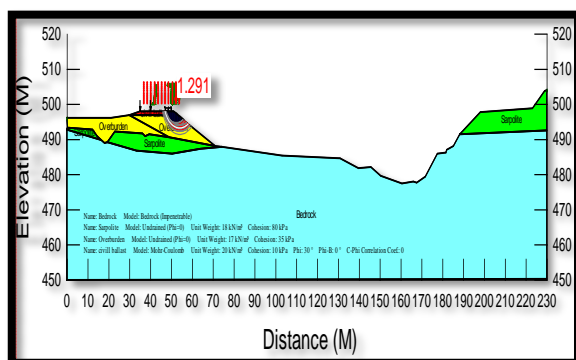
Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W* 2007, nilai faktor keamanan yang didapatkan terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 40 meter ke 50 meter di dapatkan nilai faktor kewanaman adalah 1,298.



Gambar 4. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 10 meter

Section A – A' Kemajuan Timbunan Jarak 20 Meter

Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W* 2007, nilai faktor keamanan yang didapatkan terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 50 meter ke 60 meter di dapatkan nilai faktor kewanaman adalah 1,291.

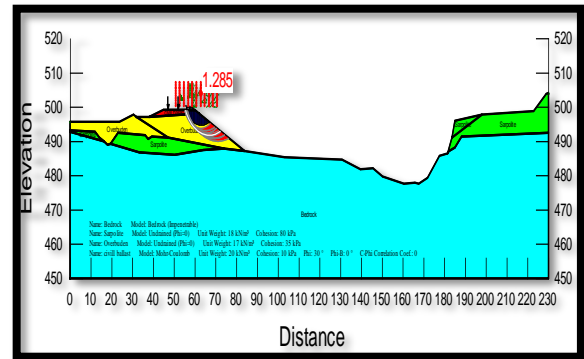


Gambar 5. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 20 meter

Section A – A' Kemajuan Timbunan Jarak 30 Meter

Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W* 2007, nilai faktor keamanan yang didapatkan

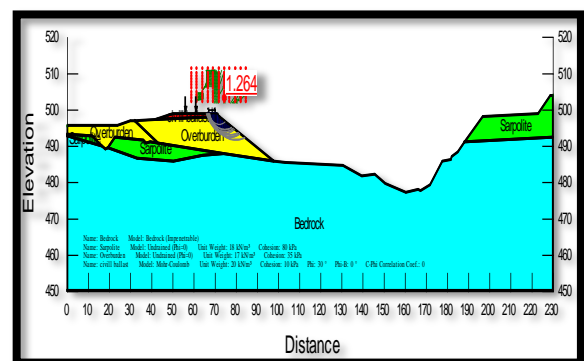
terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 60 meter ke 70 meter di dapatkan nilai faktor kewanaman adalah 1,285.



Gambar 6. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 30 meter

Section A – A' Kemajuan Timbunan Jarak 40 Meter

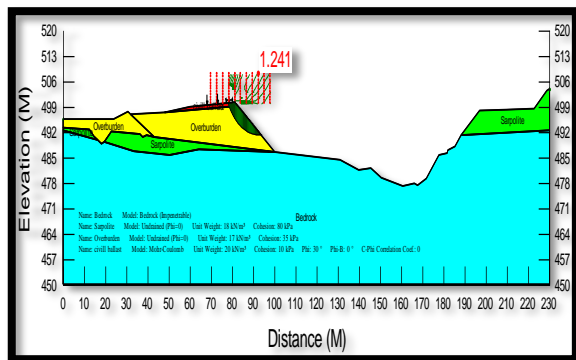
Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W* 2007, nilai faktor keamanan yang didapatkan terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 70 meter ke 80 meter di dapatkan nilai faktor kewanaman adalah 1,264.



Gambar 7. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 40 meter

Section A – A' Kemajuan Timbunan Jarak 50 Meter

Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W* 2007, nilai faktor keamanan yang didapatkan terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 80 meter ke 90 meter di dapatkan nilai faktor kewanaman adalah 1,241.



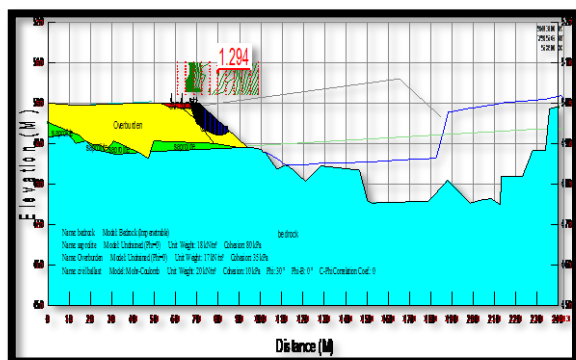
Gambar 8. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 50 meter

Section B – B'

Section ini dibuat dengan tujuan memperlihatkan penampang *Anoa North disposal plan* yang disayat mengikuti sisi panjangnya. Dari section ini, didapatkan informasi penting mengenai penampang bentuk perlapisan materialnya secara memanjang sampai pada lereng *disposal plan* bagian selatan. Dan untuk kepentingan *slope stability*, maka lereng inilah yang akan dianalisis stabilitasnya. Ketinggian *crest* desain lereng berada pada level + 495 mdpl. Rencana level elevasi yang akan di desain yaitu dari elevasi + 495 mdpl ke elevasi 506 mdpl. Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W 2007*, nilai FK yang didapatkan terhadap stabilitas lereng *disposal*.

Section B – B' Kemajuan Timbunan Jarak 10 Meter

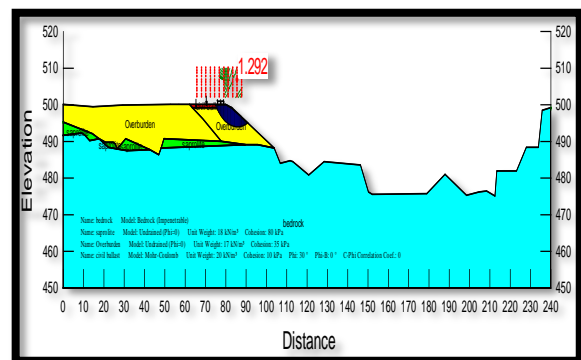
Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W 2007*, nilai faktor keamanan yang didapatkan terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 60 meter ke 70 meter di dapatkan nilai faktor kewanaman adalah 1,294.



Gambar 9. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 10 meter

Section B – B' Kemajuan Timbunan Jarak 20 Meter

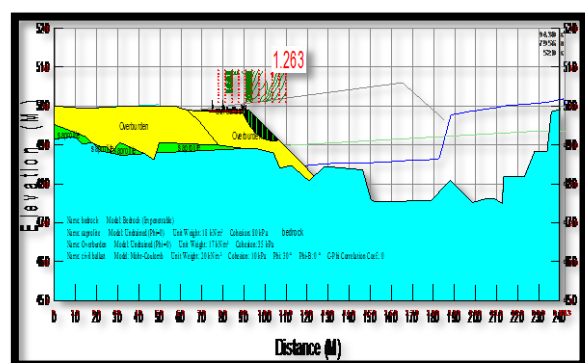
Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W 2007*, nilai faktor keamanan yang didapatkan terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 70 meter ke 80 meter di dapatkan nilai faktor kewanaman adalah 1,292.



Gambar 10. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 20 meter

Section B – B' Kemajuan Timbunan Jarak 30 Meter

Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W 2007*, nilai faktor keamanan yang didapatkan terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 80 meter ke 90 meter di dapatkan nilai faktor kewanaman adalah 1,263.

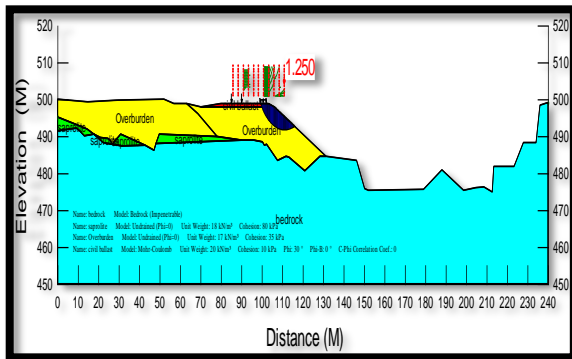


Gambar 11. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 30 meter

Section B – B' Kemajuan Timbunan Jarak 40 Meter

Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W 2007*, nilai faktor keamanan yang didapatkan terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 90

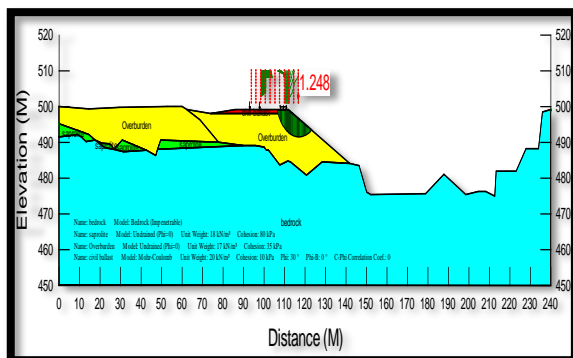
meter ke 100 meter di dapatkan nilai faktor kermanan adalah 1,250.



Gambar 12. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 40 meter

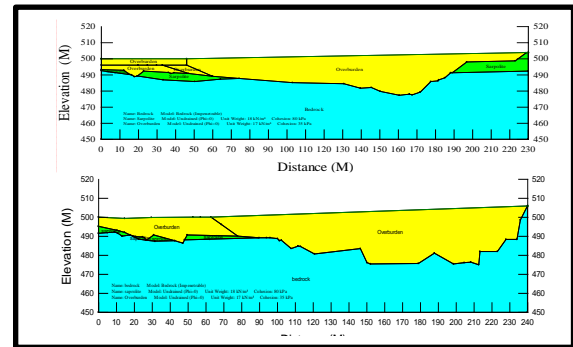
Section B – B' Kemajuan Timbunan Jarak 50 Meter

Berdasarkan hasil perhitungan *Slope/W* 2007, nilai faktor keamanan yang didapatkan terhadap stabilitas desain lereng pada timbunan *overburden* dari *crest* atau jarak timbunan awal 90 meter ke 100 meter di dapatkan nilai faktor kermanan adalah 1,250.



Gambar 13. Section A - A' kemajuan timbunan jarak 50 meter

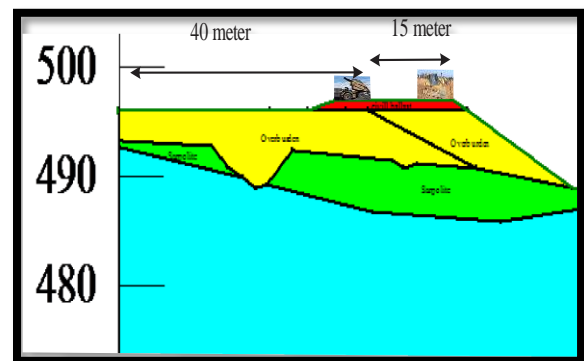
Tahap akhir dari desain yang dibuat yaitu menimbun *disposal* dari level elevasi 495 mpdl menuju level elevasi 506. Gambar 14. memperlihatkan tahap akhir dari timbunan.



Gambar 14. Tahap akhir dari timbunan

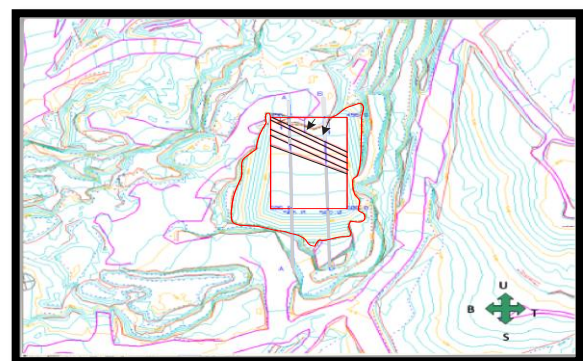
Cara Menentukan Batas *Dumping Dump Truck*

Untuk menentukan batas *dumping* di *area disposal* yaitu di ukur jarak antara ban *dump truck* belakang dengan *crest* lereng *disposal*. Gambar 4.17 memperlihatkan cara menentukan batas *dumping dump truck*.



Gambar 15. Cara menentukan batas *dumping dump truck*

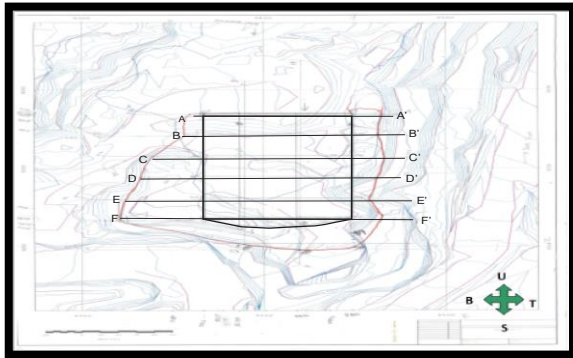
Setelah menentukan batas *dumping dump truck*, lalu di *input* batas *dumping* di *software Vulcan* Gambar 16. memperlihatkan batas *dumping* di *disposal*.



Gambar 16. Batas *dumping* desain *disposal*.

Menghitung Jumlah Volume *Disposal*

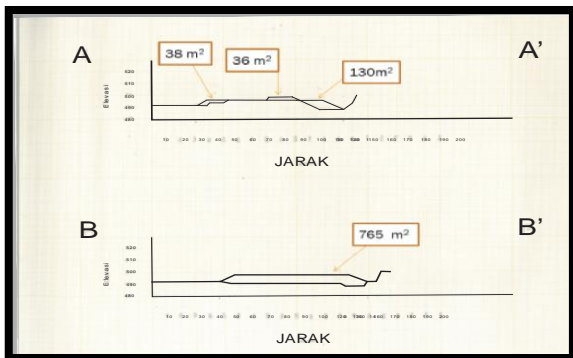
Untuk mengetahui jumlah volume *disposal* yaitu membuat penampang (*Section*) untuk mengetahui luas *disposal*. Untuk menghitung volume *disposal* menggunakan rumus *mean area*



Gambar 17. Garis penampang

Penampang A dan B

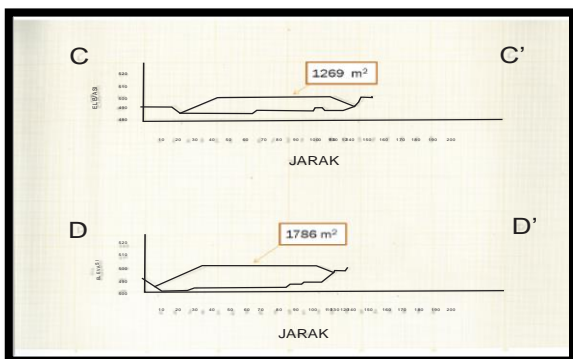
Penampang A mempunyai luas 132 M² dan penampang B mempunyai luas 765 M²



Gambar 18. Penampang A dan B

Penampang C dan D

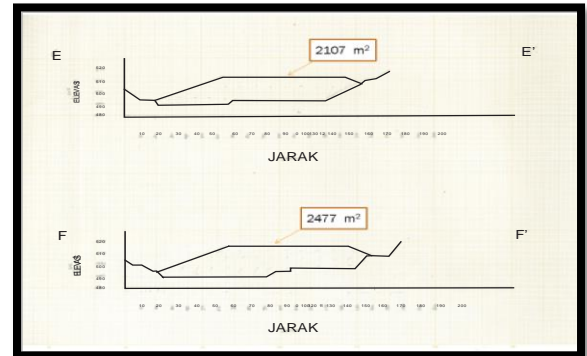
Penampang C mempunyai luas 1.269 M² dan penampang D mempunyai luas 1.786 M²



Gambar 19. Penampang C dan D

Penampang E dan F

Penampang E mempunyai luas 2.107 M² dan penampang F mempunyai luas 2.477 M²



Gambar 10. Penampang A dan B

Rumus *mean area*:

$$\text{volume} = \frac{(A1 + A2)}{2} \times d \dots\dots\dots (1.1)$$

Diketahui luas penampang:

$$\begin{aligned} A &= 168 - 36 = 132 \text{ m}^2 \\ B &= 765 \text{ m}^2 \\ C &= 1269 \text{ m}^2 \\ D &= 1786 \text{ m}^2 \\ E &= 2107 \text{ m}^2 \\ F &= 2477 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Diketahui jarak:

$$\begin{aligned} d1 &= 26 \text{ M} \\ d2 &= 26 \text{ M} \\ d3 &= 26 \text{ M} \\ d4 &= 26 \text{ M} \\ d5 &= 26 \text{ M} \\ d6 &= 30 \text{ M} \end{aligned}$$

Penyelesain:

1.

$$\text{volume} = \frac{(A + B)}{2} \times d$$

$$\text{volume} = \frac{(132 + 765)}{2} \times 26 = 11661$$

2.

$$\text{volume} = \frac{(B + C)}{2} \times d$$

$$\text{volume} = \frac{(765 + 1269)}{2} \times 26 = 26442$$

3.

$$\text{volume} = \frac{(C + D)}{2} \times d$$

$$\text{volume} = \frac{(1269 + 1786)}{2} \times 26 = 39715$$

4.

$$\text{volume} = \frac{(D + E)}{2} \times d$$

$$\text{volume} = \frac{(1786 + 2107)}{2} \times 26 = 49439$$

5.

$$\text{volume} = \frac{(E + F)}{2} \times d$$

$$\text{volume} = \frac{(2107 + 2477)}{2} \times 26 = 58422$$

6.

$$\text{volume} = \frac{(F)}{2} \times d$$

$$\text{volume} = \frac{(2477)}{2} \times 26 = 37155$$

Penjumlahan kapasitas volume:

$$P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6$$

$$11661 + 26442 + 39715 + 49439 + 58422 + 37155 = 222834 \text{ M}^3$$

Jadi jumlah volume *overburden* optimal yang dapat menampung *disposal* yaitu 222.834 M³. Data yang digunakan untuk menganalisa stabilitas lereng yaitu data *Cone Penetration Test* (CPT) dan data *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP). Setelah data tersebut di korelasi akan menghasilkan data kekuatan tanah yang akan menjadi parameter dalam menganalisa stabilitas lereng. Hasil perhitungan *Slope/ W* 2007, diperoleh dari *section A – A'* dan *section B – B'* menghasilkan nilai faktor keamanan yaitu *section A – A'* dari jarak 10 meter sampai 50 meter yaitu 1,298, 1,291, 1,285, 1,264, 1,241 dan *section B – B'* dari jarak 10 meter sampai 50 meter yaitu 1,294, 1,292, 1,263, 1,250, 1,248. Batas *dumping limit* yang diperbolehkan adalah maksimal > 15 m dari setiap *crest* desain lereng *disposal* yang telah direkomendasikan.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan desain *disposal* yang aman yaitu harus dilakukan *re-sloping* di *crest* lereng secara terus menerus untuk menjaga agar *disposal* tidak patah, dan volume optimal *overburden* yang dapat ditampung *disposal* yaitu 222.834 M³ dan letak *dumping limit disposal* yang aman adalah maksimal > 15 m dari setiap *crest* desain lereng *disposal* yang telah direkomendasikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pembimbing dalam kegiatan penelitian Bapak Andi Nur Taslim dan Bapak mardan serta seluruh staf Devisi *short Term Planning* PT. Vale Indonesia yang telah memberikan kesempatan, bantuan fasilitas, dan bimbingan selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles JE. 1989. *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*, Jakarta. Erlangga.
- Litbang. PU. 2006. *Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng Pada Tanah Residual dan Batuan*. Jakarta. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.
- Mardan. 2013. *Disposal STP Section*. Sorowako. PT. Vale Indonesia, Tbk.
- Santosa, B dan Suprarto, H. 1998. *Mekanika Tanah Lanjutan*. Jakarta. Gunadarma.
- Syafrizal. 2000. *Metode Perhitungan Sumberdaya*, Bandung. Institut Teknologi Bandung.